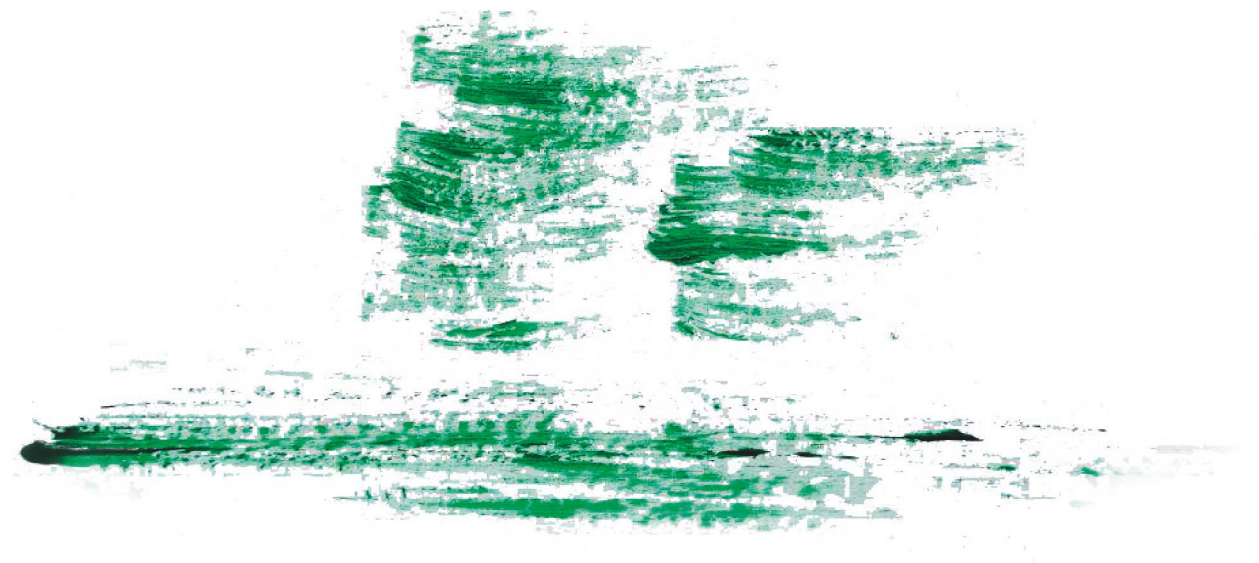


AALTO-YLIOPISTO
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Maisema-arkkitehtuurin koulutusohjelma

TUULISUUS KAUPUNGIN ULKOTILOJEN SUUNNITTELUSSA

Kandidaatintyö

Sofia Kangas



23.5.2018

TIIVISTELMÄ

Tämä kandidaatintyö tarkasteli tuulisuutta yhtenä kaupunkien ulkotilojen osatekijänä. Työn tavoitteena oli tutkia, miksi tuulisuus kannattaa ottaa huomioon kaupungin ulkotilojen suunnittelussa ja miten se voidaan tehdä. Aiemmalle tutkimukselle tyypillisestä lähestymistavasta poiketen tässä työssä vertailtiin ja koottiin yhteen sekä tuulisuuden hillitsemisen että siihen sopeutumisen syitä ja keinoja ulkotilojen suunnittelun näkökulmasta.

Työ toteutettiin kirjallisuustutkielmana. Tarkastelu oli rajattu kaupunkiympäristöihin ja ulkotilan maisema-arkkitehtonisen suunnittelun kannalta keskeisiin aiheisiin. Yleisten periaatteiden lisäksi työssä nostettiin esiin esimerkkikohteita ja -ratkaisuja Helsingistä. Työssä perehdyttiin tuuleen ja tuulisuuteen ilmiönä sekä erilaisiin tekijöihin, jotka vaikuttavat kaupungin tuulisuuteen. Lisäksi tutkittiin tuulisuutta ulkotilan heikkoutena ja vahvuutena sekä tutustuttiin erilaisiin menetelmiin, joiden avulla suunnittelukohteen tuuliolosuhteita voidaan arvioida, muokata ja hyödyntää.

Tuulisuudella on merkittävä vaikutus ulkotilan viihtyisyyteen. Tuulisuutta hillitsemällä voidaan vaikuttaa ulkoilman koettuun lämpötilaan ja tehdä siten kaupunkitilasta miellyttävämpää ja elävämpää. Kovia tuulia hillitsemällä voidaan edistää kaupunkilaisten terveyttä ja turvallisuutta, luoda suotuisat olosuhteet kevyelle liikenteelle ja kasvien kasvulle sekä välttää myrskytuhoja. Tuulisuutta voidaan vähentää esimerkiksi kasvillisuuden, pinnanmuotojen ja erilaisten rakenteiden, kuten seinämien, katosten ja kaiteiden avulla. Tuulensuojan läpäisevyys, joustavuus ja korkeus vaikuttavat sen tehoon.

Toisaalta tuulisuutta hillitsevät rakenteet lisäävät usein ulkotilan varjoisuutta ja saattavat estää terveydelle haitallisten pienhiukkaspäästöjen laimentumista. Paikan vallitsevaan tuulisuuteen sopeutuminen lisää kokemuksellisuutta ja elämyksellisyyttä ja korostaa paikan identiteettiä. Tuuli muokkaa maisemaa, ja sitä voidaan hyödyntää myös energianlähteenä, ympäristötaiteessa ja monissa ulkotilan toiminnoissa. Ilmaston lämmetessä ja kovien helteiden lisääntyessä tuulen virkistävyystä voi tulla entistä toivotumpaa.

Suunnittelukohteen tuuliolosuhteet pohjautuvat vallitsevaan ilmastoon, mutta ne ovat kuitenkin muokattavissa. Tuulisuuden tarkoituksenmukaisella käsittelyllä voidaan tukea kestävää kehitystä ja kaupungin ulkotilojen tarjoamia ekosysteemipalveluita. Erilaiset ratkaisut vastaavat erilaisiin tarpeisiin, joten suunnittelukohteen tuulisuus edellyttää vakioratkaisujen sijaan tapauskohtaista tarkastelua.

TEKIJÄ	Sofia Kangas
TYÖN NIMI	Tuulisuus kaupungin ulkotilojen suunnittelussa
LAITOS	Arkkitehtuurin laitos
KOULUTUSOHJELMA	Maisema-arkkitehtuurin koulutusohjelma
VASTUUOPETTAJA	Ranja Hautamäki
OHJAAJA	Varpu Mikola
VUOSI	2018
SIVUMÄÄRÄ	29
KIELI	suomi
AVAINSANAT	tuulisuuden hillitseminen, tuulisuuteen sopeutuminen, pienilmasto, maisema-arkkitehtuuri, kestävä suunnittelu

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	4
2 TUULISUUS KAUPUNGISSA	5
2.1 Tuuli, tuulisuus ja mikroilmasto	5
2.2 Tuulisuuteen vaikuttavat luontotekijät	6
2.3 Ihmisen toiminnan aiheuttamat muutokset kaupungin tuulisuuteen	7
2.4 Tuulisuuden arvioiminen suunnittelua varten	9
3 TUULISUUDEN HILLITSEMINEN	11
3.1 Tuulisuus ulkotilan heikkoutena ja uhkana	11
3.2 Tuulen kääntäminen ja hidastaminen	13
3.3 Suunnitteluratkaisuja tuulisuuden hillitsemiseen	14
4 TUULISUUTEEN SOPEUTUMINEN	17
4.1 Tuulisuus ulkotilan vahvuutena ja mahdollisuutena	17
4.2 Suunnitteluratkaisuja tuulisuuteen sopeutumiseen	21
5 POHDINTA	22
LÄHTEET	26
LIITE: TUULEN VAIKUTUS JA TUULISUUSKRITEERIT	28

1 JOHDANTO

Tuulisuus on yksi maiseman osatekijöistä, ja se vaikuttaa merkittävästi ulkotilan viihtyisyyteen. Muuten laadukkaasti toteutettua ulkotilaa, esimerkiksi puistoa tai aukiota, ei välttämättä koeta viihtyisäksi, jos se on pienilmastoltaan epämiellyttävä. Vaikka tuulisuuden perusta onkin vallitsevassa ilmastossa, ulkotilan pienilmasto ja sen osana myös tuulisuus on muokattavissa ja hyödynnettävissä ulkotilan suunnittelun keinoin. Tuulisuuden huomioon ottavalla suunnittelulla ulkotiloista saadaan kutsuvia ja viihtyisiä ja niiden vuosittaista käyttöaikaa voidaan pidentää.

Tuulen käyttäytymistä rakennusten ympärillä ja erilaisissa korttelirakenteissa sekä erilaisten tuulenpitävien seinämien toimivuutta on tutkittu, mutta rakennusten välistä ulkotilaa suunnittelevan maisema-arkkitehdin näkökulmasta olennaista tietoa voi olla hankala hahmottaa, sillä se on pirstoutunut eri aloille ja erillisiin tutkimuksiin ja selvityksiin. Selvitysten tavoitteena on myös varsin usein liiallisen tuulisuuden vähentäminen sen sijaan, että tuulisuuteen voitaisiin suhtautua myös elämyksellisenä ja virkistävänä, paikan arvoa nostavana tekijänä.

Tämän kirjallisuustutkielman tavoitteena on tutkia, miksi tuulisuus pitäisi ottaa huomioon kaupungin ulkotilojen suunnittelussa ja miten se voidaan tehdä. Tavoitteena on koota tietoa tuulisuuden vaikutuksista ja käsittelymahdollisuuksista monipuolisesti ja eri näkökulmista ulkotilojen suunnittelun avuksi, ja tuoda tuulisuuden torjumisen lisäksi esiin myös erilaisia mahdollisuuksia hyödyntää tuulta suunnittelun voimavarana ja osana paikan identiteettiä.

Tuulisuuden hallitsemisen keinot on rajattu tässä työssä niihin, joita nimenomaan rakennusten välisen ulkotilan suunnittelussa voidaan hyödyntää. Esimerkiksi rakennusten keskinäisen sijoittelun ja julkisivujen muotoilun vaikutus tuulisuuteen on käsitelty vain tuulisuuteen vaikuttavana taustatekijänä. Kaupunkiympäristöä suunnitellessa on silti erittäin tärkeää, että tuulisuus otetaan huomioon jo kaavoituksessa ja rakennusten muotoilussa, sillä rakennuksilla on hyvin suuri merkitys kaupunkitilojen tuuliolosuhteisiin.

Työn näkökulma on kaupungeissa, sillä kaupunkiympäristöt ovat erityisen alttiita tuulille. Varsinkin korkeat rakennukset aiheuttavat puuskaisia pyörteitä ja kapeat katukuilut äärevöittävät tuuliolosuhteita. Lisäksi esimerkiksi tuulisuutta heikentävän kasvillisuuden määrä on kaupungeissa suhteellisen vähäinen.

Ilmasto vaihtelee voimakkaasti alueittain, joten aiheen tarkastelun kannalta on mielekästä valita jokin esimerkkialue, joka on tässä tutkielmassa Helsinki. Helsinki sijaitsee merellisessä ilmastossa kylmällä ilmastovyöhykkeellä, jossa tuulisuuden vaikutus ulkotilan käytön mahdollisuuksiin ja miellyttävyyteen on suuri. Pyrkimys kaupungin voimakkaaseen kasvuun on kuitenkin ohjannut rakentamista entistä enemmän myös tuulisille, aiemmin huonoina rakennusalueina pidetyille alueille, kuten käytöstä poistetuille satama-alueille. Samaan aikaan rakentamisessa pyritään aiempaa tiiviimpään ja korkeampaan rakentamiseen, mikä altistaa ulkotiloja voimakkaalle ja pyörteisille tuulille. Valitusta esimerkkialueesta huolimatta työn periaatteet ja näkökulmat ovat kuitenkin sovellettavissa myös muiden ilmasto-olosuhteiltaan vastaavien kaupunkiympäristöjen pienilmaston tarkasteluun ja suunnitteluun.

Työn toisessa luvussa taustoitetaan tuulisuutta ja mikroilmastoa ilmiönä ja esitellään kaupunkiympäristön tuulisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Seuraavissa luvuissa pohditaan, miten kaupunkiympäristön tuulisuuteen on mahdollista suhtautua ja millä ulkotilan suunnittelun keinoilla siihen voi vaikuttaa. Kolmas luku keskittyy tuulisuuden hillitsemiseen, eli tuulisuuteen ulkotilan heikkoutena, haasteena ja uhkana. Neljännessä luvussa käsitellään tuulisuuteen sopeutumista eli tuulisuutta ulkotilan vahvuutena ja mahdollisuutena. Viidennen luvun pohdintaosiossa kootaan yhteen molemmat näkökulmat ja pohditaan, miten työssä esiin nousseita mahdollisuuksia voidaan hyödyntää erilaisissa suunnittelutehtävissä.

2 TUULISUUS KAUPUNGISSA

Seuraavissa kolmessa alaluvussa käsitellään tuulta ja tuulisuutta ilmiönä sekä erilaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat kaupungin ulkotilojen tuulisuuteen. Neljännessä alaluvussa on esitelty menetelmiä, joiden avulla paikallisia tuuliolosuhteita voidaan arvioida suunnittelutyön pohjaksi.

2.1 TUULI, TUULISUUS JA MIKROILMASTO

Tuulella tarkoitetaan ilmapirtaa, joka syntyy, kun ilmaa siirtyy korkeamman ilmanpaineen alueelta matalamman paineen alueelle, jotta paine-erot tasaantuisivat. Globaalisti tarkasteltuna paine-erot johtuvat auringon lämpösäteilyn epätasaisesta jakautumisesta maapallon pinnalla. Ilman virtaus ei ole kuitenkaan tasaista vaan aina pyörteistä, mikä aistitaan tuulen suunnan ja voimakkuuden vaihteluna, epäsäännöllisyytenä ja puuskaisuutena (Alalammi 1987, s. 10; Stoutjesdijk & Barkman 2014, s. 64). Pyörteisyys on sitä voimakkaampaa, mitä nopeammin tuulee ja mitä epätasaisempi pinta on (Brown & Gillespie 1995, s. 126). Tuuli tasaa ja kuljettaa mukanaan myös kosteutta ja lämpöä, ja sen mukana voi kulkeutua esimerkiksi siitepölyä, pölyä, lunta sekä muita hiukkasia ja kaasuja.

Tuulta ohjaavat useat erilaiset voimat. Paine-erot ohjaavat ilmaa suuremmasta paineesta pienempään. Mitä suurempi paine-ero on kahden vierekkäisen alueen välillä, sitä nopeammin tuulee. Maan pyörimisliikkeen aiheuttama coriolis-voima kääntää matalapaineeseen liittyvän ilmapvirtauksen suuntaa pohjoisella pallonpuoliskolla vastapäivään. Myös noste, keskipakoisvoima ja painovoima vaikuttavat tuulen kulkuun. Ilmamassa pyrkii jatkamaan liikettään, ellei jokin muu voima tai rakenne muuta sen suuntaa tai nopeutta.

Tuulen nopeus hidastuu pinnan epätasaisuuden aiheuttaman kitkan vuoksi voimakkaasti lähellä maanpintaa tai muuta ainetta. Pyörteet välittävät alempien ilman molekyyliden törmäilyyn hidastavan vaikutuksen myös ylemmäs ilmamassaan (Alalammi 1987, s. 10; Karttunen ym. 2008, s. 250). Avoimessa ympäristössä tuulen nopeus kasvaa maanpinnan yläpuolella logaritmisesti. Esimerkiksi jos matalan nurmikon peittämällä alueella mitattu tuulen nopeus kymmenen metrin korkeudella on 10 m/s, kahden metrin korkeudessa tuulen nopeus on noin 7,5 m/s ja metrin korkeudella 6,5 m/s (Brown & Gillespie 1995, s. 125 & 185). Myös pyörteisyys kasvaa sitä suuremmaksi, mitä korkeammalla ollaan.

Tuulen suunta tarkoittaa suuntaa, josta tuuli puhaltaa. Tuulen nopeus ilmoitetaan metreinä sekunnissa, ja se mitataan meteorologisessa tutkimuksessa yleensä 10 metrin korkeudella maanpinnasta. Mittauksissa tarkastellaan tyypillisesti tuulen nopeuden ja suunnan kymmenen minuutin keskiarvoa ja suurimpia hetkellisiä tuulen nopeuksia kymmenen minuutin jaksoilta (Karttunen ym. 2008, s. 203).

Tuulen suunta ja nopeus vaihtelevat eri vuorokauden- ja vuodenaikoina. Tuulen keskinopeus on tyypillisesti suurin syksyllä ja pienin kesällä (Alalammi 1987, s. 11). Talvella tuulen suunta ja nopeus määräytyy pitkälti ilmanpaine-erojen perusteella, ja vuorokausivaihtelu on keskimäärin vähäistä. Erityisesti huhti-heinäkuussa rannikoilla esiintyy maa- ja merituulia, joiden voimakkuus vaihtelee eri vuorokaudenaikoina siten, että tuulen nopeus on pienin auringon noustessa ja suurin iltapäivällä. Merituuli on voimakkainta lähellä rantaviivaa, ja sitä havaitaan esimerkiksi Helsingin saaristossa noin 50, kantakaupungissa 30 ja Kehä III:n rajalla 20 päivänä kesän aikana (Karttunen ym. 2008, s. 339–341; Alalammi 1987, s. 11).

Ilmastolla tarkoitetaan sääolojen pitkän ajanjakson keskiarvoa ja yleispiirteistä luonnetta jollakin alueella. Ilmasto jaetaan suur-, paikallis- ja pienilmastoon, joista käytetään myös nimityksiä makro-, meso- ja mikroilmasto. Paikallisilmastolla voidaan kuvata esimerkiksi yhden kaupungin ilmastoa, johon vaikuttavat suurilmaston lisäksi esimerkiksi pinnanmuodot ja rakennukset. Mikroilmastolla taas tarkoitetaan ilmakehän alimmassa, kahden metrin paksuisessa ilmakerroksessa maanpinnan yläpuolella vallitsevaa ilmastoa. Mikroilmasto vaihtelee voimakkaasti alueellisesti maaston pinnanmuotojen, kasvillisuuden, vesipintojen sekä rakennusten ja rakenteiden mukaan (Iisakkila 1977, s. 97). Esimerkiksi kovalla tuulella tuulen nopeus ja puuskaisuus voi vaihdella suuresti avoimen ja suojaisan paikan välillä. Ihmisten ja muiden eliöiden kannalta mikroilmasto vaikuttaa koettuun ilmastoon ratkaisevasti, ja tämän vuoksi mikroilmastolla on suuri, jopa makroilmastoa tärkeämpi merkitys ulkotilojen suunnittelussa.

Tuulisuus on yksi mikroilmastoon vaikuttavista tekijöistä. Ilmasto on kokonaisuus, ja tuulisuuden lisäksi muutkin ilmastoon osatekijät, kuten lämpötila, ilman kosteus ja sateisuus vaikuttavat yksilön kokemaan ilmastoon. Tuulisuus on kuitenkin maisema-arkkitehtuurin näkökulmasta erityisen kiinnostava ilmastotekijä, sillä se vaihtelee pienessäkin mittakaavassa, jopa puisto- ja katukohtaisesti, ja esimerkiksi ilman kosteudesta ja lämpötilasta poiketen sitä on mahdollista muokata havaittavasti ulkotilan suunnittelun avulla.

2.2 TUULISUUTEEN VAIKUTTAVAT LUONTOTEKIJÄT

Paikallisen tuulisuuden taustalla ovat vallitsevat suur- ja paikallisilmasto-olosuhteet. Esimerkiksi Helsingin ilmastolle on tyypillistä lauhkeus, merellisyys ja vaihtelevuus, ja vallitsevana tuulensuuntana ovat etelä- ja lounaistuulet. Rannikot ovat tyypillisesti tuulisempia kuin sisämaa, sillä maan ja veden väliset lämpötilaerot aiheuttavat maa- ja merituulia ja rannikot ovat suojattomia mereltä puhaltaville tuulille (Iisakkila 1977, s. 102). Veden kitka on maan epätasaisuuksien aiheuttamaa vastusta pienempää, ja siksi yhtä suurten paine-erojen aiheuttaman tuuli voi olla merellä nopeudeltaan jopa kaksinkertainen sisämaahan verrattuna (Karttunen ym. 2008, s. 250).

Suur- ja paikallisilmasto-olosuhteiden lisäksi mikroilmastoon vaikuttavat monet luontotekijät, kuten korkeus merenpinnasta, avoimuus, pinnanmuodot, maaperän ominaisuudet ja maata peittävä kasvillisuus (kuva 1). Pinnanmuodoista tuulisuuteen vaikuttavat esimerkiksi maaston tasaisuus, rinteiden suunta ilmansuuntiin nähden ja kaltevuus. (Iisakkila 1977, s. 97) Pienten maastokohoumien kohdalla osa ilmapirrasta nousee esteen yli ja osa kiertää pinnanmuodon sen molemmilta puolilta (Iisakkila 1977, s. 100). Pinnanmuodon toiselle puolelle alarinteeseen muodostuu suojaisa alue. Tuulenpuoleisilla rinteillä tuulennopeus on suurempi, ja varsinkin rinteiden ylemmät osat ja mäkien laet ovat viileitä. Jos metsää kaadetaan mäen laelta, lakialueen tuulennopeus voi jopa kaksin- tai kolminkertaistua (Kuismanen 2000, s. 51).

Laaksojen tuuliolosuhteisiin vaikuttavat niiden muoto ja mittasuhteet. Laaksoissa tuulee usein laakson suuntaisesti, lisäksi laakson rinteillä voi esiintyä laakso- ja vuorituulia. Kapeassa laaksossa taas syntyy voimakkaiden tuulien tuulensola, kun ilmapirta puristuu kokoon ja samalla nopeutuu. (Iisakkila 1977, s. 100–102). Tuulet voivat olla erityisen voimakkaita, jos laakson suunta on sama kuin vallitseva tuulen suunta. Laakson suuntaan nähden poikittainen virtaus voi sen sijaan hidastua laakson kohdalla 20-30 % (Kuismanen 2000, s. 53).



Kuva 1: Kasvillisuuden ja pinnanmuotojen vaikutus tuulisuuteen Brownin ja Gillespien (1995, s. 131–132) ja Iisakkilan (1977, s. 154) mukaan.

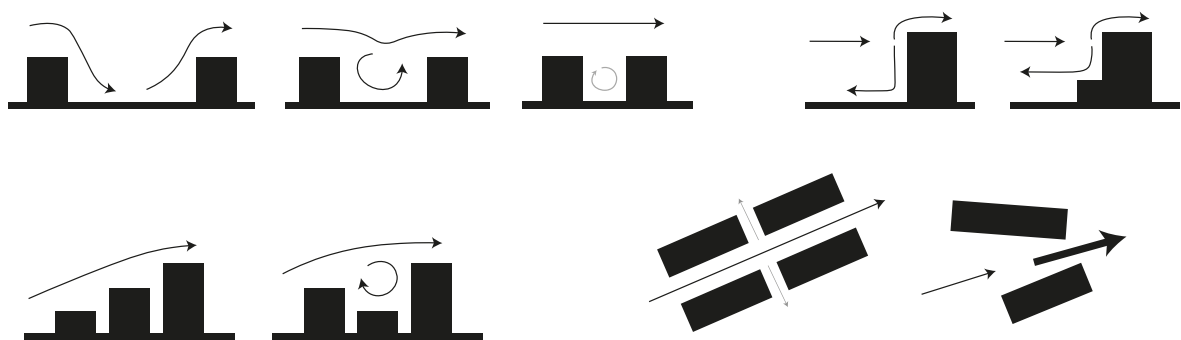
Laajat aukeat alueet ovat tuulisia. Harvalla ja matalalla kasvillisuudella ei ole juuri hidastavaa vaikutusta tuulisuuteen, vaikka se suojaakin maata tuulen kuivaavalta vaikutukselta (Iisakkila 1977, s. 103). Sen sijaan yksikin puu riittää luomaan suojaavan vaikutuksen, ja tiheä, yhtenäinen kasvillisuus muokkaa pienilmasto-olosuhteita vielä selvemmin (Alalammi 1987, s. 24). Tiheän ja korkean, metsämäisen kasvillisuuden keskellä on ympäristöä tyynempää. Tuuli heikkenee erityisesti muutaman metrin paksuisessa ilmakerroksessa latvuston yläpuolella (Iisakkila 1977, s. 103 & 107). Tuuli puhalttaa avoimelta paikalta metsään noin 300–400 metrin syvyyteen ennen vaimentumistaan, jolloin tuulennopeus on enää vain noin viidesosa avoimen paikan tuulesta (Kuismanen 2000, s. 51).

2.3 IHMISEN TOIMINNAN AIHEUTTAMAT MUUTOKSET KAUPUNGIN TUULISUUTEEN

Vallitsevien luontotekijöiden ohella ihminen on vaikuttanut kaupunkien tuuliolosuhteisiin, minkä vuoksi ne poikkeavat usein kaupunkia ympäröivistä alueista. Kaupungeissa kasvillisuutta on poistettu rakentamisen vuoksi, ja myös topografiaa on usein muutettu esimerkiksi infrastruktuurin rakentamisen myötä. Myös rakennukset vaikuttavat kaupungin tuulisuuteen, sillä ne muuttavat tuulen suuntaa ja nopeutta sekä aiheuttavat erilaisia pyörteitä (Kuismanen 2000, s. 48). Eri tavoin sijoitettujen ja muotoiltujen rakennusten vaikutusta ilmapvirtoihin on esitelty kuvassa 2.

Tuulisuuteen vaikuttavat muun muassa rakennusten keskinäinen sijainti ja ryhmittely, muoto, suuruus ja suunta ilmansuuntiin nähden. Rakennuksilla on pääsääntöisesti tuulta hidastava vaikutus niiden pinnan aiheuttaman kitkan vuoksi. Ongelmana ovat kuitenkin rakennusten aiheuttamat puuskaisuus ja pyörteet, jotka lisäävät tuuliolosuhteiden vaihtelua ja arvaamattomuutta kaupungissa. Perinteisessä rakentamisessa on yleensä otettu huomioon paikalliset ilmasto-olosuhteet sen sijaan, että samoja suunnitteluratkaisuja toistettaisiin erilaisissa ilmasto-olosuhteissa (Krautheim ym. 2014 s. 10–12).

Rakennuksen pintaan törmätessään ilmapirran suunta muuttuu, kun osa ilmasta kiertää rakennuksen sen sivuilta ja osa sen yli. Syntyy paine-ero rakennusten eri puolille, jolloin rakennuksen taakse syntyy pyörre. Suuremmasta rakennuksesta syntyvät suuremmat paine-erot ja siten suuremmat tuulennopeuden vaihtelut (Kuismanen 2000, s. 15). Vastaavasti mitä matalampi ja syvempi rakennus ja mitä loivempi katto, sitä pienempi on suojapuolelle syntyvä pyörre (Kuismanen 2000, s. 16). Jos rakennus sijaitsee kohtisuoraan tuulen suuntaan nähden, pyörre on suurempi kuin viistosti tuulen suuntaan sijaitsevan rakennuksen ympäristössä (Kuismanen 2000, s. 16). Erityisesti rakennusten päädyt ja tuulten alapuolella olevat sivut voivat olla epämiellyttävän tuulisia (Iisakkila 1977, s. 247). Rakennusten lisäksi myös muut yksittäiset suuret kappaleet, kuten risteilyalukset, voivat aiheuttaa ylimääräisiä turbulensseja kaupunkiympäristössä (Kiviluoma 2009, s. 13).



Kuva 2: Rakennusten välisen etäisyyden, jalustan, rakennusten korkeuden ja rakennusten sijoittelun vaikutus tuulisuuteen Krautheimin ym. (2014, s. 78) Brownin ja Gillespien (1995, s. 135) ja Iisakkilan (1977, s. 109) mukaan.

Korkeiden, varsinkin ympäröivää kasvillisuutta korkeampien, rakennusten juuressa on tyypillisesti tuulista, sillä ne ikään kuin keräävät voimakkaita tuulia ja ohjaavat niitä kohti maanpintaa. Syntyvä ilmanpaine-ero voi aiheuttaa katutasossa jopa neljä kertaa suurempia tuulennopeuksia kuin vastaavalla paikalla avoimessa maisemassa (Gehl 2010, s. 171). Esimerkiksi Keski-Pasilan asemakaavoituksen tuulikartoituksessa (Kiviluoma 2010, s. 4) luonnehditaan, että suunnitellut, korkeimmillaan 160 metrin korkuiset tornitalot aiheuttaisivat alueelle Helsingin rantaviivan kaltaiset tuuliolosuhteet. Jos julkisivu jatkuu keskeytyksettä katutasoon asti, tuuli kääntyy vasta osuessaan maahan, jolloin se puhaltaa rakennuksesta pois päin ja vaikeuttaa rakennukseen pääsemistä (Brown & Gillespie 1995, s. 134–135). Rakennusten erilaiset porrastukset, parvekkeet, katokset ja jalustat, kuten kuvassa 3, vaikuttavat tuulen suuntaan ja vähentävät maata kohti suuntautuvia ilmavirtoja (Kuismanen 2000, s. 56; Brown & Gillespie 1995, s. 135).

Aukioita ja toreja ympäröivät rakennukset yleensä heikentävät tuulisuutta, mutta vaikutus voi olla myös päinvastainen. Aukiota reunustavaa matalaa rakennusta vastapäätä sijaitseva selvästi korkeampi rakennus saattaa aiheuttaa paine-eron, joka vahvistaa pyörteilyä rakennusten välissä ja siten tuulisuutta toriaukiolla (Kuismanen 2000, s. 18).

Rakennusten väliset ahtaat ja kapeat katukuilut sekä pitkät, yhtenäiset katulinjat kanavoivat tuulia samalla tavalla kuin kapeat laaksot. Tällöin tuuli puhaltaa kadun suuntaisesti, varsinkin jos vallitseva tuulensuunta on kapeikon suuntainen. Kapeassa ja erityisesti suppilomaisesti kapenevassa tilassa tai kahden rakennuksen välisessä aukossa sama ilmavirta joutuu ahtautumaan pienempään tilaan, jolloin tuulen nopeus kasvaa. Esimerkiksi Kalasataman tornitalojen väliselle yläpihalle syntyy todennäköisesti tuulta nopeuttava kanava, jossa kävelyn kannalta epävihtyisäksi määriteltäviä, vähintään 16 m/s puuskatuulia esiintyisi noin 100–160 tuntina kuussa (Kiviluoma 2011, s. 38).

Suljetun korttelin sisäpihan tuulisuus riippuu korttelin umpinaisuudesta ja mitoituksista. Suurissa kortteleissa tai leveissä katutiloissa tuulelta suojaavaa vaikutusta ei juuri ole. Jos taas kortteli tai katukuilu on mitoitukseltaan ahdas, tuulisuus on niin vähäistä, ettei ilma ei pääse vaihtumaan juuri lainkaan. Ilmiö on erityisen hankala kapeissa katutiloissa, joihin kertyy runsaasti liikenteen pienhiukaspäästöjä.



Kuva 3: Korkean rakennuksen juuressa sijaitseva matala jalusta kääntää tuulen katutason yläpuolelle. Vuosaari, Helsinki.

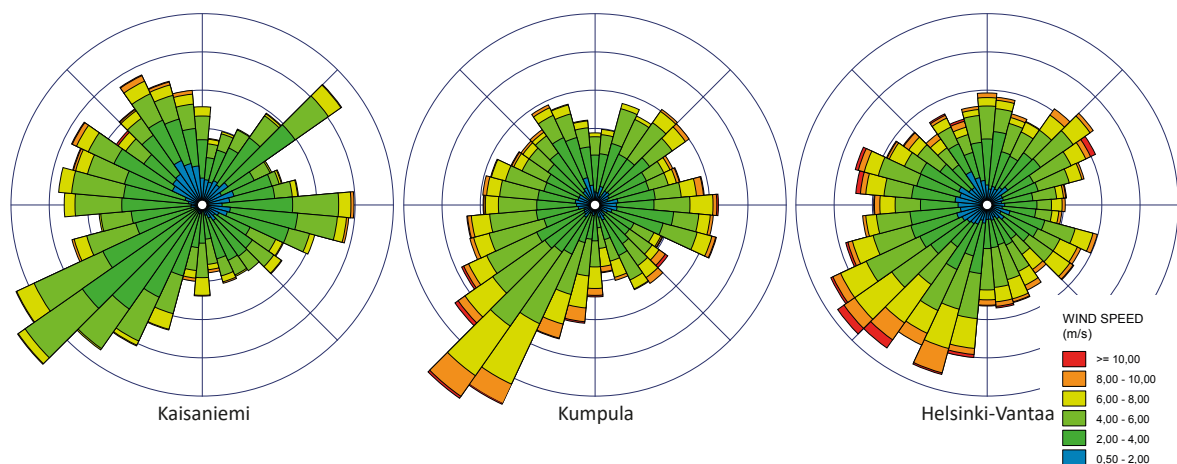
2.4 TUULISUUDEN ARVIOIMINEN SUUNNITTELUA VARTEN

Suunnittelukohteen tuulisuuden arvioinnin apuna voidaan käyttää sääasemilta saatua tietoa tuulisuuden vaihteluista. Varsinkin rannikoilla ja pinnanmuodoiltaan vaihtelevassa maastossa tuulisuus saattaa vaihdella alueellisesti niin paljon, että tavallisten tuulitilastojen ja havaintoaineistojen tueksi tarvitaan myös varta vasten tehtyjä paikallisia mittauksia (Kuismanen 2000, s. 61). Mitattuja arvoja voidaan täydentää myös matemaattisten mallien ja tietokonesimulaatioiden avulla (Krautheim ym. 2014, s. 45). Tuuleen liittyy kuitenkin aina arvaamattomuutta ja epävarmuutta, eikä teorioiden, havaintojen tai pienoismallienkaan avulla voida tehdä kuin lähinnä parhaita arvauksia todellisista tuuliolosuhteista (Brown & Gillespie 1995, s. 127–129).

Tuulisuuden tarkastelussa yksittäiset mittaukset ovat harvoin kiinnostavia. Tuulisuutta tutkittaessa tuulen suuntaa ja nopeutta voidaan vertailla tietyinä hetkenä eri paikkojen välillä tai tutkia tuulen vaihtelua yhdessä mittauspisteessä (Brown & Gillespie 1995, s. 127). Suunnittelualueen tuulisuuden kokonaisuuden arvioiminen on kuitenkin yksittäisiä mittauksia monimutkaisempaa, ja vaatii eri maisemaelementtien vaikutuksen ja tuulen aerodynamiikan tuntemista. Aiempia tutkimuksia ja mittauksia voidaan soveltaa melko luotettavasti, jos tutkittavat olosuhteet ovat varsin samanlaiset kuin aiemmassa tutkimuksessa.

Tuulta voidaan havainnollistaa erilaisten diagrammien, kuvaajien ja graafisten esitysten avulla. Tuulijakauman perusteella voidaan laatia tuuliruusu, joka kuvastaa tuulen suunnan ja voimakkuuden vaihteluja ja tyypillisyyttä, eli kuinka voimakkaasti ja kuinka suuren osan ajasta tuuli puhaltaa mistäkin suunnasta. Kuvassa 4 on esitetty tuuliruusu kolmelta sääasemalta pääkaupunkiseudulta. Kaisaniemen mittauspiste sijaitsee suojaisammassa paikassa kuin mäellä sijaitseva Kumpula ja avoimella lentokenttäalueella sijaitseva Helsinki-Vantaan sääasema, mikä näkyy tuulennopeuksissa. Suomesa yleisin vallitseva tuulen suunta on lounas, harvinaisin koillinen. Tuuliruusujen ja muiden valmiiden tuulitilastojen ongelmana kuitenkin on, että niistä ei välttämättä käy ilmi suunnittelun kannalta olennainen tieto tuulisuuden vaihtelusta (Kuismanen 2000, s. 48).

Tietoa tuulen käyttäytymisestä voidaan tarkentaa pienoismallien tuulitunnelikokeiden ja virtausmallien avulla. Ajan ja resurssien säästämiseksi suunnittelukohdetta voidaan myös verrata vastaaviin kohteisiin ja niistä jo tehtyihin tuulitunnelitesteihin. Tämä ei kuitenkaan ole yhtä tarkka ja luotettava menetelmä kuin kohteesta tehty omat tutkimukset (Kuismanen 2000, s. 60). Arvioituja tuloksia voidaan kokeiden jälkeen varmistaa paikan päällä mittausten avulla.



Kuva 4: Esimerkituuliruusuja pääkaupunkiseudulta, tunnin välein mitatut tuulen nopeudet ja suunnat vuosilta 2010–2014 Ilmatieteen laitoksen (2018) mukaan.

Joissain tilanteissa tarkkoja mittauksia ei ole saatavilla tai mahdollista tehdä, jolloin tuulisuuden arviointi perustuu yleisten ilmastotekijöiden ja maisematekijöiden arviointiin (Iisakkila 1977, s. 245). Maastonmuotojen ja kasvillisuuden vaikutusta voidaan arvioida maisematyyppiluokitusten avulla. Esimerkiksi avoimella tasangolla, avoimella mäkimaastolla, metsäisellä rinteellä ja laaksolla on toisistaan poikkeavat tyypilliset tuuliolosuhteensa (Kuismanen 2000, s. 58). Topografiakarttojen avulla voidaan arvioida esimerkiksi tuulensuojaisia vyöhykkeitä, tuulikanavien syntyä sekä usein vedenjakajien mukaisesti rajautuvia paikallisia ilmastoalueita (Kuismanen 2000, s. 59–60). Karttatarkasteiluissa on tärkeää ottaa huomioon myös suunnittelukohteen ympäristön ominaisuuksien vaihtelu ja niiden vaikutus tuulen käyttäytymiseen.

Ilmastotietoa voidaan analyysien ja mittauksien lisäksi kerätä myös esimerkiksi haastattelemalla ja paikan päällä havainnoimalla. Kuismanen (2000) mukaan maastossa tuulisuutta voidaan arvioida esimerkiksi kasvillisuuden, rakennusten ja tuulen kuljettaman aineksen, kuten lumen kasautumisen avulla. Kasvillisuuden muoto, esimerkiksi puuston taipuminen ja latvusten muotoutuminen viestivät vallitsevasta tuulensuunnasta (kuva 5). Kasvillisuuden rehevyys ja lajisto vaihtelevat pienilmasto-olojen mukaan, ja esimerkiksi kanervat ja sammalet kasvavat usein kivien suojanpuolella. Rakennuksissa voi esiintyä voimakkaiden tuulien aiheuttamia vaurioita, ja varsinkin vanhat rakennukset on usein sijoitettu ja suojattu paikallisten tuuliolosuhteiden mukaisesti. Lumi tiivistyy tai puhaltuu pois tuulisemmista paikoista, tuulensuojassa kinos on sen sijaan löyhempi. Lumen kasautuminen on selkeä tapa havainnoida tuulen käyttäytymistä. Toisaalta maastokäyntejä ei aina voida ajoittaa talveen, eivätkä tuuliolosuhteet välttämättä ole samanlaiset muina vuodenaikoina (Kuismanen 2000, s. 61–63).

Tuulisuusmittauksia tulkitaan aiemmissa tutkimuksissa määritettyjen, eri toimintoihin liittyvien tuulennopeuden raja-arvojen ja rajan ylittävien tuulennopeuksien esiintymistodennäköisyyksien avulla. Esimerkiksi Hernesaaren, Kalasataman ja Keski-Pasilan tuulisuus selvityksissä pitkäkestoisen istumisen kannalta hyväksyttävän puuskuatuulen raja-arvona on käytetty 10 m/s (esim. Kiviluoma 2012, s. 5). Raja-arvoja ja tuulen nopeuksien ilmenemismuotoja on koottu taulukkoon, joka löytyy tämän työn liitteenä.



Kuva 5: Vallitsevan tuulensuunnan voi päätellä puuston taipumisen perusteella. Kallahden uimaranta, Helsingin.

3 TUULISUUDEN HILLITSEMINEN

Tuulisuus vaikuttaa ilman koettuun lämpötilaan ja sitä kautta ulkotilan viihtyisyyteen. Voimakkaat tuulet voivat olla jopa vaarallisia. Ihmisten viihtyvyyden ja toimintojen lisäksi tuulisuudella on vaikutusta esimerkiksi kasvillisuuden kasvuun ja elinvoimaisuuteen.

Seuraavassa käsitellään ensin tuulisuuden hillitsemisen syitä erilaisten toimintojen, turvallisuuden ja kasvillisuuden kannalta. Toisessa alaluvussa esitellään tuulisuuden hillitsemisen yleisiä periaatteita ja kolmannessa erilaisia suunnittelun keinoja haitallisten tuulien vähentämiseen.

3.1 TUULISUUS ULKOTILAN HEIKKOUTENA JA UHKANA

Tuuli ei muuta ilman todellista lämpötilaa, mutta sillä on merkittävä vaikutus siihen, millaisena lämpötila aistitaan. Tuulisen paikan ulkoilman lämpötila koetaan todellista kylmempänä, sillä ilmavirta jäädyttää ihoa rikkomalla kehoa suojaavan ilmakerroksen ja nopeuttamalla lämmön poistumista iholta. Esimerkiksi -5 °C lämpötila tuntuu 10 m/s tuulella samalta kuin -14 °C tyynellä säällä (kuva 6). Pyörteisyys korostaa tuulen viilentävää vaikutusta, sillä se lisää iholta poistuvan lämmön määrää (Brown & Gillespie 1995, s. 125). Pakkasen ja sen purevuutta lisäävän tuulen yhdistelmä aiheuttaa paleltumisriskin ja voi olla jopa hengenvaarallinen.

Sopivan tuulisuuden, lämpötilan ja ilman kosteuden yhteisvaikutuksesta muodostuu miellyttäväksi pienilmastoksi koettu mukavuusalue. Mukavuusalue on jokaisella ihmisellä henkilökohtainen, sillä siihen vaikuttavat tuulen nopeuden, ilman lämpötilan ja kosteuden lisäksi esimerkiksi vaatetuksen määrä ja väri, tottumus, sukupuoli, fyysinen kunto ja toiminta (Karttunen ym. 2008, s. 201; Lisakkila 1977, s. 113; Kuismanen 2000, s. 2). Liikkumisen aktiivisuus ja ihmisen pituus vaikuttavat esimerkiksi siihen, että lapset saattavat kokea saman pienilmaston eri tavoin kuin aikuiset.

Mukavuusalueen kautta tuulisuus vaikuttaa olennaisesti ulkotilan viihtyisyyteen ja elävyyteen. Koettu lämpötila vaikuttaa siihen, kuinka kauan ulkona viihdytään (Krautheim ym. 2014, s. 29). Kaupunkielämää ja kaupunkiympäristön laatua tutkineen tanskalaisen professori Jan Gehlin (2010) mukaan miellyttäväksi koetussa kaupunkitilassa oleskellaan ja liikutaan enemmän ja viivytään kauemmin. Pidempikestoinen oleskelu ulkona taas tarkoittaa elävämpää kaupunkia. Tällöin kaupunkiympäristö koetaan laadukkaaksi ja houkuttelevaksi.

		Tuulen nopeus (m/s)				
		2	5	10	15	20
Ilman lämpötila (°C)	10	9	8	6	5	5
	5	3	1	0	-2	-2
	0	-2	-5	-7	-8	-9
	-5	-8	-11	-14	-15	-16
	-10	-14	-17	-20	-22	-23
	-15	-20	-24	-27	-29	-31

Kuva 6: Kaavio tuulen nopeuden vaikutuksesta koettuun lämpötilaan Osczevskin & Bluesteinin (2005) mukaan.

Tuulisuuden vaikutus toimintoihin korostuu erityisesti paikoissa, jotka on tarkoitettu viihtymiseen ja viipymiseen, kuten leikki- ja oleskelualueilla. Kaupunkitilan viihtyisyys vaikuttaa välillisesti ihmisten fyysiseen, psyykkiseen ja sosiaaliseen terveyteen. Oleskelu- ja tapaamismahdollisuuksien lisäksi suotuisat pienilmasto-olosuhteet kutsuvat pyörimään ja kävelemään ja vaikuttavat siten arkiliikunnan ja toisaalta liikenteen päästöjen määrään. Viihtyisyydellä on myös taloudellista merkitystä muun muassa matkailu- ja ravintola-alalla, sillä ulko-oleskelun miellyttävyys vaikuttaa esimerkiksi ulkoterrassien ja -alaiden käyttökauteen, ja toisaalta voimakkaat tuulet voivat häiritä tai estää tiettyjä toimintoja, kuten pienvenesatamien, laskettelurinteiden ja hyppymäkien käyttöä. (Kuismanen 2000, s. 23).

Korkealla tuulee kovempaa, mikä tekee kattoterasseista, parvekkeista ja korkealla sijaitsevista kansiphoista erityisen herkkiä tuulisuuden vaihteluille. Esimerkiksi kattoterasseja voidaan joutua sulkemaan voimakkaimpien tuulien ajaksi. Keski-Pasilan tuulisuuskartoituksessa (Kiviluoma 2010) arvioidaan, että tuulisuus kattojen päällä on niin merkittävää, että ”avoimet kattoterassit jouduttaisiin sulkemaan kesäkaudella keskimäärin joka toinen viikko tuulen johdosta”. Myös Kalasataman korkeimmissa torneissa saatetaan kärsiä samankaltaisista ongelmista (Kiviluoma 2015, s. 86).

Voimakkaat tuulet hankaloittavat kevyttä liikennettä. Käveleminen on hankalaa pyörteisessä ja puuskittaisessa, nopeasti ja voimakkaasti vaihtelevassa tuulessa. Jos tuulen keskinopeus on 10 m/s, puuskaisimpina hetkinä on vaikeaa pysyä pystyssä, ja yli 20 m/s puuskissa pyöriminen ja kävely on jo erittäin hankalaa tai mahdotonta (Kuismanen 2000, s. 3–4). Puuskittainen tuuli lisää erityisesti vanhusten ja liikuntavammaisten kaatumis- ja loukkaantumisriskiä liukkaissa talviolosuhteissa (Kuismanen 2000, s. 3 & 8). Tuuli voi aiheuttaa turvallisuusriskin ihmisten lisäksi myös erilaisille kuluneuvoille, kuten helikoptereille. Liian suuri turbulenssi voi haitata tai estää kopterin laskeutumisen kentälle (Kiviluoma 2012, s.36).

Tuuli voi kuluttaa ja puhalttaa pois hienompaa ainesta, kuten hienoa hiekkaa (Kuismanen 2000, s. 4). Tuuli kuljettaa ja kasaa lunta tuulisilta alueilta suojaisiin paikkoihin. Suojaisien kulkureitien tai portaiden ongelmana voi siis olla lumen kertyminen kinoksiksi, mikä vaikuttaa avoimena pidettävien reittien auraus- ja hoitokustannuksiin (Kuismanen 2000, s. 37–41).

Helsingissä järjestetään kesäisin ulkona monia merkittäviä yleisötapahtumia. Voimakkaat tuulet voivat viihtyisyyden vähenemisen lisäksi aiheuttaa puiden ja väliaikaisten lavarakenteiden kaatumisriskin. Liian voimakkaalla tuulella tapahtuma voidaan turvallisuussyistä joutua siirtämään tai perumaan kokonaan. Esimerkiksi Hernesaaren avoimessa eteläkärjessä järjestettävistä kuuden vuorokauden mittaisista festivaaleista keskimäärin yksi kahdestatoista saattaisi kärsiä haitallisen voimakkaista tuulista (Kiviluoma 2012, s. 39 & 44).

Kesät, syksyt ja talvet ovat tyypillisiä ajankohtia voimakkaille myrskytuulille (Alalammi 1987, s. 12–13). Talvella routa suojaa puita, joten erityisesti kesän ja syksyn tuulista voi aiheutua myrskytuhoja. Helsingin kaupungin julkaiseman Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä -raportin (Pilli-Sihvola ym. 2018) mukaan voimakkaat tuulet ja myrskyt eivät juuri aiheuta sähkökatkoja, sillä Helenin sähköverkosta 96% on maakaapeloitu. Rajuilmat vaikuttavat kuitenkin kaupungin metsiin ja puistoihin. Esimerkiksi kesän 2017 Kiira-myrsky aiheutti vaurioita noin 10 000 puulle, ja pysyyn jääneistä puista monet ovat alttiita uusille tuhoille. Raportin mukaan voimakkaiden tuulien ja rajuilmojen aiheuttama riski ei arvioiden mukaan kuitenkaan muutu merkittävästi ilmastomuutoksen takia, vaikka ilmastoskenaarioiden mukaan keskimääräiset tuulennopeudet kasvavat Helsingissä muutaman prosentin ja kovia tuulia esiintyy todennäköisesti jonkin verran useammin. Toisaalta routaisuuden väheneminen lisää puiden altistumista voimakkaille tuulille (Pilli-Sihvola ym. 2018, s. 6–7 & 65).

Tuulisuus säätelee kasvillisuutta, lajistoa ja kasvien kasvua. Kasvuvyöhykkeensä puolesta alueelle soveltuvat kasvit eivät välttämättä menesty ilmastoltaan paikallisesti epäedullisella alueella. Tuulisuutta vähentämällä pienilmasto-oloista saadaan lämpimämmät ja kasvien kasvuun suotuisammat, jolloin ne tukevat esimerkiksi puutarhanhoitoa ja kaupunkiviljelyä.

Jatkuva, varsinkin usein samasta suunnasta puhaltava tuuli aiheuttaa kasvien muotoon ja kasvuun fysiologisia ja mekaanisia muutoksia. Jatkuva tuulen paine aiheuttaa räsytystä ja ohjaa oksien kasvua. Tuulen kuljettama hiekka ja suola tappavat silmuja tuulen puolella. Näin kasvu ohjautuu epätaisisesti, ja puista ja pensaista kehittyy epäsymmetrisiä, vinoja ja kääpiökasvuisia sekä usein tuulen puolelta pyöreitä ja tukevaoksaisia (Jones 2014, s. 292–293). Luonnossa tuulisiin oloihin sopeutuneet kasvit ovatkin luontaisesti lyhytkasvuisia, rotevaa ja taipuisia.

Tuuli lisää myös haihtumista ja aiheuttaa kasvien kuivumista. Rakentamisen yhteydessä tuulisuus tyypillisesti lisääntyy ja maa muuttuu kuivemmaksi, mikä voi olla kohtalokas yhdistelmä olemassa olevalle kasvillisuudelle (Iisakkila 1977, s. 117). Varsinkin puiden ja pensaiden tuulenpuoleiset osat ovat vaarassa kuolla talvella liian kuivumisen vuoksi.

Heikompi tuuli vaikuttaa erityisesti kasvin lämpötasapainoon ja haihtumiseen, voimakkaampi taas aiheuttaa mekaanisia ja rakenteellisia vaurioita, kuten taipumista (Stoutjesdijk & Barkman 2014, s. 64). Voimakas puuska voi saada puun kaatumaan tai katkeamaan. Vaurioiden todennäköisyyteen vaikuttaa tuulen voimakkuuden lisäksi myös puun korkeus sekä rungon vahvuus (Jones 2014, s. 293; Iisakkila 1977, s. 117).

Tuuli vaikuttaa kasvien lisääntymismahdollisuuksiin, sillä se levittää siitepölyä ja siemeniä. Tuulipölytteisyys onkin tyypillistä viileisiin ilmasto-olosuhteisiin sopeutuneille kasvilajeille (Jones 2014, s. 297). Tuuli voi edistää kasvillisuuden uusiutumiskykyä mutta myös haitallisten kasvien leviämistä uusille alueille. Toisaalta voimakas tuuli voi myös vaikeuttaa monien pölyttäjien lentämistä ja siten hyönteispölytteisten kasvien lisääntymistä (Tahvonen ym. 2005). Kasvilajille ominainen leviämistapa kannattaa siis ottaa huomioon suunnittelukohteen kasvivalinnoissa.

3.2 TUULEN KÄÄNTÄMINEN JA HIDASTAMINEN

Suurin osa maiseman elementeistä vaikuttaa tuuleen ohjaamalla sen suuntaa ja vähentämällä tai lisäämällä sen nopeutta. Esteen tuulenpitävyyteen vaikuttaa sen koko, tiiviys, suunta ja sijainti suhteessa muihin maisemaelementteihin (Brown & Gillespie 1995, s. 128–129).

Tiivis seinämä kääntää tuulen suunnan. Kun tuuli kohtaa esteen, ilma puristuu, jolloin tuulenpuolellesille sivulle syntyy ylipaine ja tuulen nopeus kasvaa. Esteen taakse syntyy vastaavasti alipaine. Osa ilmapirrasta kiertää esteen yli ja osa sen sivuilta. Tuulen nopeus on erityisen suuri esteen reunoilla, esteen taakse taas muodostuu suojaisampi alue.

Jos osa tuulesta pääsee esteen läpi, tuulen nopeus hidastuu ja esteen eri puolille muodostuva paine-ero on pienempi, joten pyörteisyys ei ole yhtä vahvaa kuin tiiviin seinämän takana (Krautheim ym. 2014, s. 49). Joustavan rakenteen ja esimerkiksi puun oksien liike taas absorboi osan tuulen liike-energiasta, jolloin tuulen nopeus hidastuu ja pyörteitä syntyy vähemmän.

Esteessä pitää olla noin 40–50 % rakoja, jotta se ei aiheuttaisi pyörteisyyttä. Esimerkiksi leikattu pensasaita tai tiivis vapaasti kasvava pensasaita vastaa tätä läpäisevyyttä (Iisakkila 1977, s. 151). 50 % läpäisevyyttä voidaan pitää monessa tilanteessa optimaalisena, sillä se tarjoaa suhteellisesti suurimman suoja-alueen edes kohtuullisella tuulennopeuden vähentymisellä (Kuismanen 2000, s. 25). Jonkin verran, noin 15–20 % läpäisevä este muodostaa kooltaan pienemmän suoja-alueen

lähelle estettä (Kuismanen 2000, s. 25). Läpäisemätön este taas aiheuttaa pyörteitä ja esimerkiksi lumen kasautumista esteen eteen ja taakse.

Brownin ja Gillespien (1995, s. 130) mukaan tiivis este hidastaa tuulen nopeutta tehokkaammin kuin läpäisevä, mutta toisaalta sen suojaamaan alueen koko on pienempi (kuva 7). Kiinteä este aiheuttaa myös enemmän pyörteisyyttä. Suunnittelussa pyritäänkin usein optimiarvoon, jossa saavutetaan mahdollisimman suuri suoja-alue mahdollisimman suurella tuulen nopeuden vähennyksellä. Toisaalta tavoitteena voi myös olla hyvin pienen alueen, kuten yksittäisen pihan tai kulkuväylän suojaaminen tehokkaasti, jolloin tiivis ja matala este toimii läpäisevää paremmin. Tuulisessa paikassa esteen taakse syntyvä pyörteisyyks voi kuitenkin kumota kiinteän esteen tuomat edut. Suuremman alueen, esimerkiksi laajan tapahtumakentän vähäisempään mutta tasaiseen suojaamiseen taas sopii paremmin läpäisevä ja korkea este (Brown & Gillespie 1995, s. 130).

Useita peräkkäisiä istutuksia yhdistämällä tuulen nopeus ei vaimene tehokkaammin, mutta syntynyt suojavaikutus ulottuu pidemmälle kuin yksittäisellä esteellä (Iisakkila 1977, s. 153). Kuismanen (2000, s. 25) mukaan tehokkain usean esteen yhdistelmä saavutetaan, kun tuulen esteiden välinen etäisyys on 8-10 kertaa esteen korkeus ja niiden läpäisevyys on 20 %. Rakennus ja sen piha taas voidaan suojata tehokkaimmin sijoittamalla samansuuntainen, noin 15–25 % aukotettu este kaksi kertaa rakennuksen korkeuden päähän rakennuksen seinästä (Kuismanen 2000, s. 26–27).



Kuva 7: Esteen läpäisevyys vaikuttaa tuulen nopeuden lisäksi myös suojaosan alueen laajuuteen Brownin ja Gillespien (1995, s. 129–130) ja Iisakkilan (1977, s. 152) mukaan.

3.3 SUUNNITTELURATKAISUJA TUULISUUDEN HILLITSEMISEEN

Tehokkain keino parantaa mikroilmastoa on rakennusten ja niiden sijoittelun ilmastotietoinen suunnittelu sekä olemassa olevan kasvillisuuden säilyttäminen (Kuismanen 2000, s. 25). Tarvittaessa ulkotilan pienilmastoa voidaan kuitenkin parantaa kasvillisuuden, erilaisten rakenteiden ja pinnanmuotojen avulla.

Kasvit reagoivat ilmastoon, mutta kasveilla on myös mahdollista muuttaa ilmastoa. Puuvartisilla kasveilla on merkittävä vaikutus sekä tuulen suuntaan että nopeuteen. Mitä suurempi ja tiheämpi kasvi, sitä suurempi vaikutus sillä on (Brown & Gillespie 1995, s. 131). Suojaava vaikutus ulottuu aina latvuston huipun tasolle. Lehtipuiden lehvästö vähentää tuulisuutta noin 20-30 % (Kuismanen 2000, s. 27). Lehdettömään aikaan vaikutusta ei kuitenkaan ole juuri lainkaan, joten ainavihannat kasvit ovat erityisen käyttökelpoisia silloin, kun suojaa tarvitaan myös talvella (Brown & Gillespie 1995, s. 131).

Puut ovat tuulisuuden vähentämisen kannalta erityisen tehokkaita. Metsäsaarekkeen sisällä on tyyntä, mutta sen taakse muodostuva suojaosa alue on lyhyempi kuin yksittäisen puurivistön takana (Iisakkila 1977, s. 153). Pensailla on sama vaikutus kuin puilla, mutta pienemmässä mittakaavassa. Pensaat soveltuvatkin hyvin esimerkiksi pienten, istumiseen tarkoitettujen alueiden suojaamiseen ja tuulisuuden vähentämiseen lähellä rakennuksia (Brown & Gillespie 1995, s. 131).

Olemassa olevan suojapuuston valmistelu ja harvennus kannattaa aloittaa jo mahdollisimman aikaisin ennen rakentamista, jotta puut sopeutuvat tuuleen. Olemassa olevan suojakasvillisuuden lisäksi tai sen puuttuessa voidaan suunnitella uusia suojaistutuksia. Suojaistutusten muodon kannattaa olla polveileva, epäsäännöllinen ja verkostomainen, sillä tuulen suunta vaihtelee jatkuvasti (Iisakkila 1977, s. 151). Suojaavaa kasvillisuutta suunniteltaessa on otettava huomioon myös puiden kasvu, jonka nopeus vaihtelee lajeittain ja eri kasvupaikoissa. Kasvien ikääntyessä niiden teho tuulensuojana saattaa lajista riippuen joko kasvaa tai vähentyä (Iisakkila 1977, s. 118).

Suojavyöhykkeet suojaavat kasvillisuutta liialta kylmyydeltä ja haihtumiselta, estävät eroosiota ja mahdollistavat sen paremman kasvun. Suojavyöhykkeen kasvillisuudesta saattaa kuitenkin olla myös haittaa suojattavalle kasvillisuudelle. Suojavyöhyke saattaa varjostaa kasvillisuutta ja käyttää maaperästä samaa vettä ja ravinteita kuin suojattavat kasvit. Myös kasvitaudit ja -tuholaiset saattavat levitä suojavyöhykkeestä suojattavaan kasvillisuuteen (Jones 2014, s. 297). Tuulelta suojaava este voi aiheuttaa myös kylmän ilman patoutumista ja liiallista kosteuden lisääntymistä (Iisakkila 1977, s. 153). Pääsääntöisesti esteen aiheuttamat hyödyt ovat kuitenkin haittoja suurempia.

Suojaistutus heikentää tuulta suojan puolella noin 50 % 10-20 kertaa suojan korkuisella alueella. Esteen tehokkuus riippuu sen korkeudesta, laajuudesta ja tiheydestä (Iisakkila 1977, s. 107). Suojais-
tutusten optimaalisista mitoituksista on tehty erilaisia tutkimuksia. Kuismasen (2000, s. 27–28) mukaan tehokkain suojaistutusten yhdistelmä muodostuu 0,5-1,5 metriä korkeista tiheistä pensaista, 1,5–3 metriä korkeista pensaista ja pienistä puista, joiden läpäisevyys on 30–50 % sekä yli 3 metriä korkeista puista, joiden läpäisevyys on 50 %.

Kasvillisuuden lisäksi tuulisuutta on mahdollista vähentää erilaisilla rakenteilla, kuten seinillä, säileiköillä, verkoilla, katoksilla, pergoloilla, kaiteilla ja aidoilla (kuva 8). Rakenteen läpäisevyys ja joustavuus vaikuttavat sen tehoon. Katoksilla voidaan suojata kevyen liikenteen väyliä pystyvirtauksilta erityisesti korkeiden rakennusten juuressa. Esimerkiksi Kalasataman pihakannella aiotaan vähentää



Kuva 8: Tuulelta suojaavia seinämiä ja kasvillisuutta. Merihaka, Helsinki.

tuulisuutta istutusten lisäksi muun muassa kattamalla kulkuväyliä ja -silloja ja rakentamalla pergoloita (Kiviluoma 2015, s. 83). Kalasatamankadun tuulisuutta taas voitaisiin raportin mukaan vähentää esimerkiksi epäsäännöllisesti asetettujen 0,5–2,0 metriä korkeiden seinämien avulla (Kiviluoma 2015, s. 85).

Tuulen suuntaa ja nopeutta voidaan muuttaa myös pinnanmuotojen avulla. Yksinään käytettynä pinnanmuotojen vaikutus tuulisuuteen ei ole yleensä kovin suuri, mutta ne auttavat korostamaan muiden elementtien, kuten kasvillisuuden vaikutusta (Brown & Gillespie 1995, s. 130–131). Tuulennopeus kasvaa tuulenpuoleisella rinteellä ja erityisesti lähellä sen huippua, ja vastaavasti hidastuu suojan puolella.

Suojaistutusten ja esteiden käytössä tulee kuitenkin ottaa huomioon, että tuulen kulku saattaa muuttua esteen ympäristössä ja viilentää toista aluetta. Vaikka pinnanmuotojen ja kasvillisuuden merkitystä on tässä luvussa tarkasteltu erikseen, maisema on silti kokonaisuus, eivätkä erilaiset ideaalit ja yksinkertaistukset toimi välttämättä ennakkoidulla tavalla luonnossa (Brown & Gillespie 1995, s. 131). Tuulen vaihteluiden, puuskaisuuden ja pyörteisyyden vuoksi suunnittelukohdetta voi olla hankala tai mahdoton suojata kaikilta tuuliolosuhteilta, mutta se on mahdollista suojata enimmänsen osan ajasta (Brown & Gillespie 1995, s. 126).

4 TUULISUUTEEN SOPEUTUMINEN

Tuulisuuteen sopeutumisella tarkoitetaan tässä työssä sitä, että tuulisuutta ei pyritä hillitsemään, vaan siihen suhtaudutaan neutraalisti tai sitä korostetaan. Varsinaiseen tuulisuuden lisäämiseen kuitenkin harvemmin pyritään, mutta tarvittaessa sekin on mahdollista edellisissä kappaleissa käsiteltyjä tuulisuutta aiheuttavia elementtejä lisäämällä ja korostamalla.

4.1 TUULISUUS ULKOTILAN VAHVUUTENA JA MAHDOLLISUUTENA

Tuulisuus on osa ulkotilan elämyksellisyyttä ja tunnelmaa, ja tuuli on aistittavissa ja koettavissa monilla tavoilla (Krautheim ym. 2014, s. 7 & 28). Tuulen voi tuntea iholla viileytenä lämmön haihtuessa ja nähdä esimerkiksi tuulessa heiluvien kasvien tai lumen ja pölyn liikkeenä. Tuulen ujellus ja sykkyinen lehtien rapina on osa äänimaisemaa. Tuuli kuljettaa myös erilaisia tuoksuja ja hajuja esimerkiksi kukkivista kukista, ja merellisen suolaisen tuulen voi melkein jopa maistaa. Aistimusten perusteella ihminen sopeutuu jatkuvasti vaihteleviin ympäristöolosuhteisiin ja muuttaa käyttäytymistään (Krautheim ym. 2014, s. 28). Tuuli vaikuttaa maiseman kokemiseen, toisaalta myös maisema voi vaikuttaa tuulen kokemiseen.

Tuulen voima ja hallitsemattomuus on myös inspiroivaa. Tuulen liike ja energia on innoittanut monia ympäristötaiteilijoita. Esimerkiksi hollantilaisen taiteilijan Theo Jansenin eläimiä muistuttavat Strandbeest-veistokset liikkuvat ilmapvirran avulla ja reagoivat sen muutoksiin (Krautheim ym. 2014, s. 34). Selittämättömään ja vaikeasti ennustettavaan voimaan liittyy myös uskonnollisia ja kulttuurillisia merkityksiä (Krautheim ym. 2014, s. 58). Tuulta on eri kulttuureissa pidetty muun muassa elämän ja kuoleman metaforana.

Tuuli on itsessään näkymätön, mutta tuulen kuljettamat ainekset jättävät maisemaan näkyviä jälkiä. Tuulen muovaamassa ja kuluttamassa maisemassa on taipuneen ja epäsymmetrisen puuston lisäksi dyynejä ja lumesta muodostuneita veistoksellisia, jatkuvasti muuttuvia muotoja (kuva 9).



Kuva 9: Tuulen muovaamia kinoksia. Lauttasaari, Helsinki.

Tuulisuus ja ilmasto on paikallinen erityispiirre ja tärkeä osa kaupungin identiteettiä, yhdyskuntarakennetta ja kaupunkikuvaa. Tuulisuus tulisi ottaa huomioon, kun tarkastellaan kaupungin kehittymismahdollisuuksia, täydennysrakentamista ja liikenneverkkojen muodostumista (Kuismanen 2000, s. 66). Paikallisen ilmaston piirteet tiedostamalla voidaan suunnitella juuri kyseiseen suunnittelu-kohteeseen sopivaa ja tarkoituksenmukaista kaupunkiympäristöä (Krautheim ym. 2014, s. 10).

Tuulen kokeminen on yhteydessä paikan kokemiseen. Säähän liittyvät tekijät ovat yksi kaupunkiympäristön ilmiöihin liittyvistä tekijöistä, jotka vaikuttavat ympäristön ja paikan kokemiseen (Aura ym. 1997, s. 122). Myös erityinen tuuleen liittyvä käyttötarkoitus voi vaikuttaa siihen, miten kohde jää mieleen. Tuuli voi olla myös ympäristössä suunnistautumista ja reittien hahmottamista helpottava tekijä: kuulo-, kosketus-, lämpötila- ja hajuaistimukset, tunnekokemukset ja tunnelmat ovat osa mielikuvakarttaa eli yksilön sisäistä mallia fyysisestä ympäristöstään (Aura ym. 1997, s. 106).

Tuulisuutta harvemmin korostetaan kaupunginosien mielikuvamarkkinoinnissa, mutta siihen liittyvää raikkautta ja suolantuoksuista puhdasta ilmaa saatetaan kuvata brändityössä merellisyyden kautta. Esimerkiksi Helsingin uuden yleiskaavan yhteyteen laaditussa Visio 2050:ssä (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2013, s. 55–62) korostetaan merellisyyden merkitystä kaupungin identiteetille: ”Merellisyys on ollut vahva osa myös paikallista mielenmaisemaa kaupungin perustamisesta lähtien. Nykyäänkin meri on vahvasti läsnä helsinkiläisessä arjessa, kaupungin kaikkien asukkaiden asuessa alle 10 kilometrin päässä merestä”. Visiossa kuvaillaan myös, kuinka muun muassa Helsingin ”melonta- ja veneilymahdollisuudet ovat nousseet tekijöiksi, jotka tunnetaan valtamerien takanakin”. Ilmasto-olosuhteiden voi tulkita olevan osa Helsingin merellisyyttä (kuva 10).



Kuva 10: Merellinen Helsinki on luokiteltu myös yhdeksi Suomen kansallismaisemista. Kauppatori, Helsinki.

Helsingissä tuulee yleensä etelän ja lännen väliltä, eli samasta suunnasta, josta aurinko paistaa iltaihin ja iltapäivisin. Tämän vuoksi tuulelta suojaavat rakenteet ja kasvillisuus ovat usein myös selvästi varjostavia. Vastaavasti aurinkoon suunnatut oleskelupaikat ja katutilat ovat usein tuulisia. Tuulisuuteen sopeutumalla ja tuulta estäviä rakenteita vähentämällä ulkotilaan saadaan enemmän valoa ja avointa tilaa. Toisaalta valoisuutta kaivataan usein juuri samoilla oleskelualueilla, joissa halutaan suojautua voimakkailta tuuilta. Tuulelta suojautuminen ja valon määrän maksimoiminen onkin suunnittelijan näkökulmasta jatkuvaa tasapainottelua eri tarpeiden välillä.

Tuulen tuottama voima mahdollistaa ulkoalueilla monia harrasteita ja toimintoja, kuten leijan lennätyksen, purjehduksen, purjelautailun ja leijalautailun (kuvat 11 ja 12). Hernesaaren tuulisuus-kartoituksessa (Kiviluoma 2012, s. 35) havaittiin, että vesiurheilukeskuksen satama-altaassa tyynen riski oli selvästi suurempi kuin liian voimakkaiden tuulten riski: jollapurjehduksen kilpailutoiminnan kannalta liian tyynen sään riski oli noin 50 %, kun taas liian kovan tuulen riski oli vain 0,1 %.



Kuva 11 ja 12: Tuulen mahdollistamia toimintoja. Lauttasaarenselkä, Helsinki.

Ilmavirtauksen energiaa voidaan myös valjastaa uusiutuvaksi ja ekologiseksi sähköksi tuulivoimailoiden avulla. Erityisesti kooltaan suurissa tuulivoimaloissa tulee kuitenkin ottaa huomioon niiden vaikutukset suurmaisemaan, sillä varsinkin ranta-alueilla voimala voi näkyä kauaskin. Paikallisesti tuotettua tuulienergiaa voidaan hyödyntää esimerkiksi puiston valaisimien tai läheisten rakennusten sähköntarpeeseen (kuva 13). Esimerkiksi Linnanmäellä kokeiltiin kahta pientuulivoimalaa, joilla saatiin tuotettua vuoristoradan tarvitsema määrä sähköä (Laatikainen 2013).



Kuva 13. Harakan saarelle pystytetty pientuulivoimala tuottaa osan saaren luontokeskuksen tarvitsemasta sähköstä. Harakka, Helsinki.

Tuuli säätelee kaupungin ilmanlaatua sekoittamalla ja poistamalla saasteista ilmaa. Liian tiiviissä kaupunkirakenteessa ilma ei pääse vaihtumaan, jolloin ilmanlaatu heikkenee. Terveysten kannalta haitallisia pitoisuuksia syntyy helposti esimerkiksi ahtaissa katukuiluissa, jos saasteet, kuten pienhiukkaset sekä katu- ja rengaspöly eivät pääse poistumaan ilmavirran aiheuttaman tuuletuksen mukana. Ulkoilman saasteet kulkeutuvat rakennusten ilmanvaihdon mukana myös sisälle rakennuksiin. Toisaalta tuuli voi myös kuljettaa epäpuhtauksia esimerkiksi ympäröiviltä pääteiltä ja teollisuusalueilta kaupunkiin (Krautheim ym. 2014, s. 65).

Tuuli tarjoaa myös virkistävää viilennystä ja tuuletusta kuumana kesäpäivänä. Tuulisella säällä lämmön haihtuminen iholta on voimakkaampaa, minkä vuoksi tuulinen kesäpäivä ei tunnu yhtä läkähdyttävältä kuin sama lämpötila tyyneellä säällä (Karttunen ym. 2008, s. 201). Helsingin kaupungin sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamia riskejä käsittelevän raportin (Pilli-Sihvola ym. 2018) mukaan kuumuus pahentaa monien kroonisesti sairaiden oireita ja lisää varsinkin yli 75-vuotiaiden ennenaikaisen kuoleman riskiä. Ihmisten ikääntyminen lisää helteiden aiheuttamaa terveysriskiä. Kotihoidon yleistyessä vanhuksista yhä useampi on kotona mahdollisesti puutteellisissa ilmastointiolosuhteissa (Pilli-Sihvola ym. 2018, s. 6). Vaikka tuulisuuteen suhtauduttaisiin nyt haitallisena, tulevaisuudessa tilanne saattaa muuttua ilmastomuutoksen ja lämpösaarekeilmiön voimistumisen vuoksi.

4.2 SUUNNITTELURATKAISUJA TUULISUUTEEN SOPEUTUMISEEN

Kasvivalinnoissa tulee ottaa huomioon se, että pienilmasto saattaa olla ankarampi kuin maantieteellisesti vallitseva kasvuvyöhyke antaisi olettaa. Kasvillisuuden fysiologisia muutoksia, kuten puiden toispuoleisuutta ja taipumista vallitsevan tuulen suunnan mukaisesti voi hyödyntää yhtenä suunnitelman aiheena, tehokeinona ja näkymätöntä voimaa visualisoivana tekijänä. Lehtipuut soveltuvat usein tuuliseen ympäristöön, sillä ne suojaavat kesällä tuulelta, mutta päästävät talvella valoa lävitseen.

Suorien, yhtenäisten katulinjojen muodostamia tuulikanavia voidaan rakentaa myös tarkoituksella, jotta kaupungin ilmanlaatua saadaan parannettua. Kaupungin avoimet tilat, erityisesti puistot ja vesipinnat ja niiden viileys ympäröivään kaupunkiin verrattuna edistävät ilmanpaine-erojen muodostumista ja siten paikallisten mikromittakaavan tuulien kiertoa (Krautheim ym. 2014, s. 65). Yhtenäisessä linjassa sijaitsevat ja laajat puistot auttavat hallitsemaan kaupungin lämpösaarekeilmiötä.

Tuulisuutta voidaan nostaa esiin myös ympäristötaiteen avulla. Helsingin Hernesaassa toteutettiin elokuussa 2013 Taiteiden yön osana säveltäjä Pierre Sauvageot'n ja helsinkiläisten suunnittelema Soitinpuisto-teos (Riikonen 2013). Kilometrin mittaiselle matkalle pystytetyt soittimet reagoivat tuuleen ja sen voimakkuuden vaihteluihin erilaisilla äänillä (kuva 14).



Kuva 14: Soitinpuisto-teoksen yhteydessä järjestettiin työpajoja, joissa kaupunkilaiset saivat rakentaa omia soittimiaan teoksen osaksi. Ursinin kallio, Helsinki.

5 POHDINTA

Tässä kandidaatintyössä on koottu yhteen tuulisuuteen vaikuttavia tekijöitä, tuulisuuden seurauksia sekä erilaisia tapoja reagoida suunnittelukohteen tuulisuuteen. Esimerkkialueena on käytetty Helsinkiä, mutta työn periaatteet ja näkökulmat ovat kuitenkin sovellettavissa myös muiden, varsinkin ilmasto-olosuhteiltaan vastaavien, kaupunkiympäristöjen tarkasteluun ja suunnitteluun. Tuulisuuden hillitsemisen ja siihen sopeutumisen syitä on koottu yhteen kuvassa 15. Ilmasto vaikuttaa suunnitteluun, mutta ulkotilan suunnittelulla on myös mahdollista vaikuttaa pienilmastoon. Tuulisuudelta suojaautuminen ja siihen sopeutuminen ovat loppujen lopuksi varsin lähellä toisiaan. Samassa suunnittelukohteessa on mahdollisuus hyödyntää molempia lähestymistapoja.

Syitä tuulisuuden hillitsemiseen	Syitä tuulisuuteen sopeutumiseen
<ul style="list-style-type: none">- viihtyisyys, miellyttävyys- kaupunkitilan elävöittäminen- kevyen liikenteen edistäminen- turvallisuus- myrskytuhojen välttäminen- toimintojen suojaaminen tuulelta- suotuisimmat kasvuolosuhteet	<ul style="list-style-type: none">- kokemuksellisuus, elämyksellisyys- tuulen muovaama maisema- paikan identiteetin korostaminen- valoisuus- tuulta hyödyntävät toiminnot- tuulienergia- puhdas, terveellinen hengitysilma- ympäristötaiteen mahdollisuudet- virkistävyys lämpenevässä ilmastossa

Kuva 15: Yhteenvedo erilaisista syistä hillitä tuulisuutta tai sopeutua siihen.

Tuulisen suunnittelukohteen suunnitteluun ei ole valmiita ratkaisuja, vaan sopiva lähestymistapa riippuu aina tilanteesta. Tuulisuus ei siis ole automaattisesti vain jotain, miltä pitäisi suojautua. Tuulisuuden hyödyntäminen ja siihen sopeutuminen on ehkä vähemmän tunnettu mutta silti monessa tapauksessa toimiva ratkaisu, jolla saavutetaan monia etuja. Tiedosta ja tutkimuksesta huolimatta tuulen hallitseminen ja ymmärtäminen on edelleen vaikeaa, ja jokaista suunnittelukohdetta tulee tarkastella tapauskohtaisesti.

Suunnittelijalla on paljon vastuuta tulevan ulkotilan tuuliolosuhteista, mutta myös mahdollisuuksia vaikuttaa. On tärkeää ymmärtää, että ilmasto ei ole lopullinen, muuttumaton tai vahingossa ja hallitsemattomasti muodostuva osa suunnittelukohdetta, vaan sitä on mahdollista muokata tietoisesti erilaisten maisemaelementtien avulla. Tuulen muokkaamiseen ja analysointiin on saatavilla erilaisia työkaluja ja ratkaisuja. Erilaisista ja ristiriitaisistakin vaatimuksista huolimatta tuulisuus ei saisi hallita suunnittelutyötä tai estää luovuutta. Parhaimmillaan tuulisuus on otettu osaksi suunnitelmaa ja sen hillitsemisestä tai korostamisesta on tehty yksi suunnitelman kantavista teemoista.

Lähestymistapoja ja ratkaisuja on useita. Tärkeää kuitenkin on, että tuulisuus ylipäänsä otetaan huomioon kaupungin ulkotilojen suunnittelussa. Muuten laadukkaasti toteutettua ulkotilaa, esimerkiksi puistoa tai aukiota, ei välttämättä koeta viihtyisäksi, jos se on pienilmastoltaan epämiellyttävä. Tuulisuus on ilmastotekijänä vaihtelevampi ja hankalammin ymmärrettävä kuin esimerkiksi säteily. Ilmastonäkökulmien huomioiminen suunnittelussa on monimutkaista ja vaatii erilaisia selvityksiä ja yhteistyötä esimerkiksi ilmastotutkijoiden ja aerodynamiikkaa tuntevien insinöörien kanssa. Tilan-

teen mukaisella suunnitteluratkaisulla on kuitenkin mahdollista parantaa suunniteltavan ulkotilan laatua ja luoda turvallista ja terveellistä kaupunkia.

Ottamalla tuulisuus huomioon ja tekemällä suunnittelukohteelle sopivia ratkaisuja voidaan luoda kestävää kaupunkiympäristöä. YK:n Ympäristön ja kestävän kehityksen maailmankomission (1987) määritelmän mukaan

Kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa. Sen kolmeksi peruselementiksi ovat muotoutuneet ekologinen, taloudellinen sekä sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys. Kestävän kehityksen tavoitteet tähtäävät siihen, että ihmiset oppivat elämään sopusoinnussa luonnon ja toistensa kanssa.

Tuulisuus on yhteydessä kestävän kehityksen kaikkiin osa-alueisiin (kuva 16). Sekä tuulisuutta hillitsemällä että siihen sopeutumalla voidaan suunnitella kestävää kaupunkia. Esimerkiksi suunnittelukohteen sosiaalista kestävyyttä voidaan edistää sekä tuulen virkistävää ja puhdistavaa vaikutusta hyödyntämällä että hillitsemällä vaarallisia ja epämiellyttäviä tuulia.



Kuva 16: Kestävän kehityksen osa-alueita, joihin tuulisuus vaikuttaa.

Tuuli ja tuulisuus liittyy myös moniin kaupungin toiminnan kannalta elintärkeisiin ekosysteemipalveluihin. Tuulisuus säätelee ilmanlaatua, virkistää ja vaikuttaa muun muassa veden kiertoon, eroosioon ja pölytykseen. Tuulisuus tarjoaa myös monikulttuurisia ekosysteemipalveluita, kuten mahdollisuutta tarkkailla tuulen aiheuttamia muutoksia, inspiroitua sekä saada esteettisiä kokemuksia ja erilaisia aistimuksia. Tuulisuus on sidoksissa paikan henkeen, identiteettiin ja kulttuurihistoriaan. Tuulisuuteen sopeutuminen tai siltä suojautuminen on myös osa ilmastonmuutokseen sopeutumista.

Erityisesti tuulisuuden vahvuuksia on tutkittu ja hyödynnetty vielä suhteellisen vähän, ja niistä oli tarvetta kehittää jatkotutkimusta. Tulevaisuudessa muun muassa kaupunkisuunnittelun kehitys, kaupunkilaisten asenteet ja ilmastonmuutos vaikuttavat siihen, millaisista pienilmasto- ja tuuliolosuhteista tulee kaupungeissa toivottuja.

LÄHTEET

- Alalammi, P. (1987). *Suomen kartasto: vihko 131, Ilmasto*. Helsinki: Maanmittaushallitus.
- Aura, S., Horelli, L. & Korpela, K. (1997). *Ympäristöpsykologian perusteet*. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Brown, R. D. & Gillespie, T. J. (1995). *Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Washington, DC: Island Press.
- Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto (2013). *Kaupunkikaava: Helsingin uusi yleiskaava, Visio 2050* (Yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2013:23). Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto.
- Iisakkila, L. (1977). *Perustietoa maisemaan vaikuttavista luonnontekijöistä*. Espoo: Otakustantamo.
- Ilmatieteen laitos (2018). *Havaintojen latauspalvelu*. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/> [viittauspäivä 19.5.2018.]
- Jones, H. G. (2014). *Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology*. New York: Cambridge University Press.
- Karttunen, H., Koistinen, J., Saltikoff, E. & Manner, O. (2008). *Ilmakehä, sää ja ilmasto* (Ursan julkaisuja 107). Helsinki: Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry.
- Kiviluoma, R. (2009). *Hernesaaren kaavoitus: Lausunto tuulisuudesta*. WSP Finland Oy.
- Kiviluoma, R. (2010). *Keski-Pasilan asemakaavoitus: Tuulisuuskartoitus*. WSP Finland Oy.
- Kiviluoma, R. (2011). *Kalasataman keskuksen suunnittelu: Tuulisuuskartoitus* (Kalasataman keskus, Asemakaavan muutoksen nro 12070 selvitys). WSP Finland Oy.
- Kiviluoma, R. (2012). *Hernesaaren kaavoitus: Tuulisuuskartoitus*. WSP Finland Oy.
- Kiviluoma, R. (2015). *Kalasataman keskuksen suunnittelu: Kalasataman tornien tuulitunnelikokeet, loppuraportti*. WSP Finland Oy.
- Krautheim, M., Pasel, R., Pfeiffer, S. & Schultz-Granberg, J. (2014). *City and wind: Climate as an Architectural Instrument*. Berliini: DOM Publishers.
- Kuismanen, K. (2000). *Ilmastotietoinen suunnittelu ja pienoismallien tuulitestauslaite* (Lisensiaatin työ, julkaisu A28). Oulu: Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin osasto.
- Laatikainen, T. (2013). Energiansäästö ei kiinnosta huvipuistoja. *Tekniikka ja talous* 20.7.2013 [verkoartikkeli]. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2013-07-20/Energians%C3%A4%C3%A4st%C3%B6-ei-kiinnosta-huvipuistoja-3314601.html> [viittauspäivä 17.5.2018.]

Osczevski, R. & Bluestein, M. (2005). The new wind chill equivalent temperature chart. *Bulletin of American Meteorological Society*, October 2005. 1453-1458. Saatavissa: <https://doi.org/10.1175/BAMS-86-10-1453> [viittauspäivä 22.5.2018.]

Pilli-Sihvola, K., Haavisto, R., Leijala, U., Luhtala, S., Mäkelä, A., Ruuhela, R. & Votsis, A. (2018). *Sään ja ilmastomuutoksen aiheuttamat riskit Helsingissä* (Kaupunkiympäristön julkaisuja 2018:6). Helsingin kaupunki, kaupunkiympäristön toimiala.

Riikonen, J. (2013). Tuuli soi. *Helsingin Sanomat* 20.8.2013. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000002668506.html> [viittauspäivä 17.5.2018.]

Stoutjesdijk, P. & Barkman, J. J., (2014). *Microclimate, Vegetation & Fauna*. Zeist: KNNV Publishing.

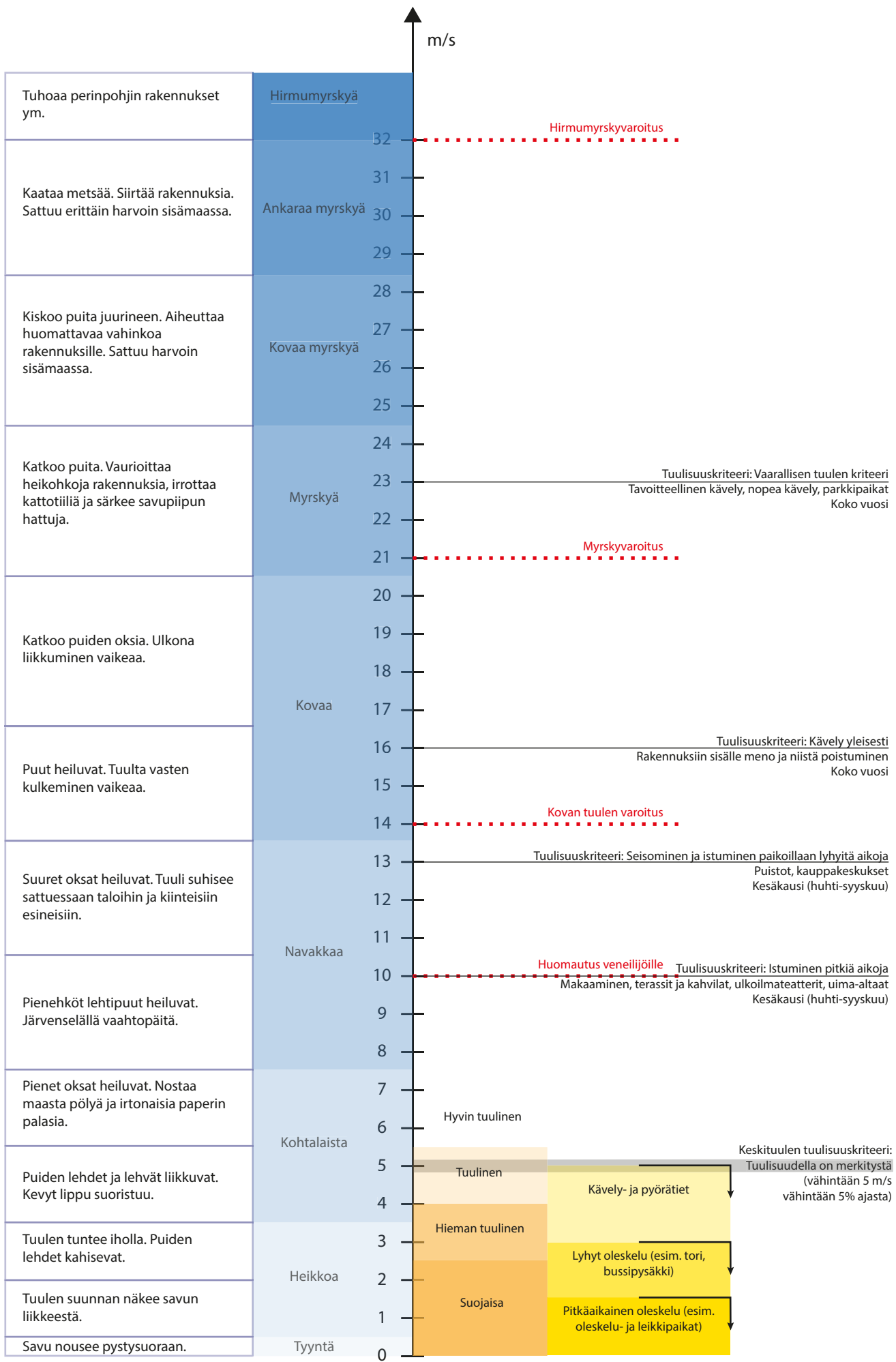
Tahvonen, R., Kinnanen, H. & Ylämäki, A. (2005). Onnistunut pölytys on runsaan omenasadon edellytys. *Koetoiminta ja käytäntö*, 62:3. 12. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v62n03s12a.pdf> [viittauspäivä 22.5.2018.]

YK:n Ympäristön ja kehityksen maailmankomissio (1987). Viitattu raportissa *Kestävä kehitys ja ammatillinen koulutus*. Opetushallitus 2008. Saatavissa: <http://docplayer.fi/3459645-Kestava-kehitys-ja-ammattillinen-koulutus.html> [viittauspäivä 22.5.2018.]

KUVAT

Sofia Kangas

LIITE: TUULEN VAIKUTUS JA TUULISUUSKRITEERIT



Tuulen vaikutus maalla ja nimitykset

Tuulisuuden kuvailu ja tuulisuuskriteerit

LIITEKAAVION TARKENNUKSIA JA LÄHTEET:

TUULEN VAIKUTUS MAALLA JA NIMITYKSET (SINiset JA SINISELLÄ VIIVALLA RAJATUT LAATIKOT)

Ilmatieteen laitos (2018). Tuulet ja myrskyt. Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tuulet> [luettu 22.5.2018]

TUULIVAROITUKSET (PUNAiset KATKOVIIVAT)

Varoitus annetaan, kun katkoviivalla merkityn tuulennopeuden esiintyminen on mahdollista koh-tuullisella todennäköisyydellä

Karttunen, H., Koistinen, J., Saltikoff, E. & Manner, O. (2008). *Ilmakehä, sää ja ilmasto* (Ursan julkaisuja 107). Helsinki: Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry.

TUULISUUDEN KUVAILU (ORANSSIT LAATIKOT)

Tuulen keskinopeus mitattuna 2 metrin korkeudessa

ULKOALUEIDEN TUULISUUSKRITEERIT (KELTAiset LAATIKOT)

Tuulen vuotuinen 2 metrin korkeudessa mitattu keskiarvo, jota ei saa ylittää

Glaumann, M. & Westerberg, U. (1988). *Klimatplanering vind*. Åkersberga: AB Svensk Byggtjänst.

Kuismanen, K. (2000). *Ilmastotietoinen suunnittelu ja pienoismallien tuulitestauslaite* (Lisensiaatintyö, julkaisu A28). Oulu: Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin osasto.

TUULISUUSKRITEERIT (MUSTAT VIIVAT)

Puuskatuulen nopeus, joka saa esiintyä kerran vuodessa, jotta toiminto olisi viihtyisää

KESKITUULEN TUULISUUSKRITEERI (HARMAA PALKKI)

2 metrin korkeudessa mitattu keskituuli, joka vaatii tuulen huomioon ottamista

Kiviluoma, R. (2010). *Keski-Pasilan asemakaavoitus: Tuulisuuskartoitus*. WSP Finland Oy.